

Distribuição espacial e efeitos de transbordamentos do setor agropecuário no Rio Grande do Sul

*Célio Alberto Colle**

*Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel***

*Augusto Mussi Alvim****

*Adelar Fochezatto*****

Resumo

Este artigo tem por objetivo analisar a distribuição espacial do setor agropecuário no Rio Grande do Sul, considerando os 497 municípios. Utilizou-se o valor adicionado bruto da agropecuária como variável dependente e ocupação por hectare, tratores por hectare, número de estabelecimentos rurais e educação como variáveis independentes. Os resultados demonstraram a existência de autocorrelação espacial através da matriz de contiguidade "rainha" até o décimo vizinho. Os mapas indicaram a formação de dois *clusters* alto-alto, no Vale do Taquari e Serra, e um *cluster* baixo-baixo na Região Sul do Estado.

Palavras-chave: setor agropecuário, autocorrelação espacial, municípios, I de Moran

Abstract

The objective of this paper is to analyze the spatial distribution of the agricultural sector in Rio Grande do Sul, considering the 497 municipalities. We used the gross value added of agriculture as the dependent variable and occupancy per hectare, tractors per hectare, number of farms and education as independent variables. Results showed that spatial autocorrelation through the matrix of contiguity "queen" to the neighboring tenth. The maps indicated the formation of two high-high clusters, Taquari Valley and Sierra, and a low-low cluster in the southern region of the state.

Keywords: agricultural sector, spatial autocorrelation, municipalities, I Moran

1 Introdução

Ao longo da década de 1990, o setor agrícola brasileiro passou por um processo de intensa reformulação com a abertura comercial e com a queda dos preços dos produtos agrícolas, as elevadas taxas

* Doutorando em Economia do Programa de Pós-Graduação em Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PPGE-PUCRS), Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
E-mail: celio.colle@gmail.com

** Doutorando em Economia do PPGE-PUCRS, Mestre em Economia e Desenvolvimento pelo Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento da Universidade Federal de Santa Maria (PPGE&D-UFSM).
E-mail: ph.hoeckel@gmail.com

*** Doutor em Economia pela UFRGS, professor do PPGE-PUCRS.
E-mail: augusto.alvim@puers.br

**** Doutor em Economia pela UFRGS, professor do PPGE-PUCRS.
E-mail: adelar@puers.br

de juros, a valorização cambial e a manutenção de subsídios agrícolas por parte de países desenvolvidos (WAQUIL *et al.*, 2004).

Apesar dessas mudanças, a agropecuária manteve a sua importância como exportadora, contribuindo decisivamente para a balança comercial do país. As exportações brasileiras de produtos agropecuários em 2013 representaram 35,1%, enquanto as exportações, desse segmento, no Rio Grande do Sul (RS) totalizaram 46,3%¹ (FEE, 2015).

Segundo o Censo Demográfico de 2010, o Rio Grande do Sul é formado por 497 municípios e possui uma população de 10,7 milhões de habitantes. Uma parcela de 14,9% desta população vive na zona rural. Outro aspecto importante para a economia rural é o número de ocupações provenientes de atividades neste meio. Segundo Censo Agropecuário 2006 no RS existiam 1,25 milhão de pessoas ocupadas em atividades agropecuárias.

Em 2011 o setor agropecuário participou com 9,2% do valor adicionado bruto (VAB) da economia e em 200 municípios (40,24%) esse percentual foi igual ou superior a 38,5%. Essas informações sobre o setor agropecuário do RS mostram que para o estado e grande parte dos municípios políticas de estímulo ao setor agropecuário causam um efeito de transbordamento em outras áreas da economia (FEE, 2014).

Apesar da baixa participação do setor agropecuário no VAB do estado, em mais de 100 municípios gaúchos esse é superior a 45,9% do produto e mais de 300 municípios o VAB é superior a 30,0%. Além disso, no primeiro grupo de municípios 64,7% da população vive no meio rural e para o segundo grupo 42,0% vivem no meio rural (FEE, 2015). Deve-se destacar que o setor agropecuário através do efeito multiplicador na economia regional possui um efeito direto e indireto, visto que, utiliza insumos e máquinas no processo de produção (dentro da porteira) e serve de matéria prima para outros setores.

O setor agropecuário gaúcho apresenta características bastante diversificadas em relação às diferentes localidades do Estado. Alonso *et al.* (1994, dividiram o Estado em três regiões. No Sul, onde predominam a grande propriedade cujas principais atividades são a pecuária de corte e a lavoura de arroz; No Norte, predominantemente agrário contendo, na sua maioria, pequenas e médias propriedades, com produção diversificada e utilização de mão-de-obra familiar, mas com uma expansão de lavouras mecanizadas de soja e trigo; e região a Nordeste, que é caracterizada pela presença de indústrias de vários setores e concentração urbana.

Considerando a relevância deste setor para o RS, este artigo tem como objetivo analisar a distribuição espacial do setor agropecuário do Rio Grande do Sul, verificando os efeitos de transbordamentos nos municípios vizinhos. O artigo está dividido em seis partes. Além desta introdução, na segunda seção é apresentado o setor agropecuário do RS. Na terceira parte é realizada uma breve revisão de literatura. Na quarta seção é apresentada a metodologia e a seleção de variáveis. Na quinta seção são apresentados os resultados e as análises dos mesmos. Por fim, na sexta seção, são apresentadas as considerações finais.

2 O setor agropecuário no Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul, segundo a FEE (2014) é a quarta economia do Brasil. O Estado é composto por 497 municípios e possui população de 10,7 milhões de habitantes distribuídos em uma área de 281.749 km² (IBGE, 2014).

No VAB de 2011 a agropecuária representou 9,2%, a indústria 26,9% e o setor de serviços 64,0%, conforme Tabela 1. Os principais anos de maior representatividade do setor agropecuário foram 2004 e 2008, com a participação do VAB agropecuário de 10,6% e 10,5% respectivamente.

¹ Os produtos agropecuários exportados correspondem ao capítulo 01 a 24 da Nomenclatura Comum do MERCOSUL. Portanto, todas as relações são realizadas comparativamente a esses segmentos. Por exemplo, ao fazer uma referência de que as carnes correspondem a 30% das exportações de produtos da agropecuária refere-se ao volume dividido por pelo total de exportações contidas nos capítulos 01 a 24. As exportações totais do RS em 2013 foram de US\$ 25,1 bilhões, com US\$ 11,62 bilhões do setor agropecuário.

Tabela 1

Distribuição do Valor adicionado bruto no Rio Grande do Sul — 2004 e 2011

SETOR	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total (milhão)	119.703	123.742	135.612	153.733	172.257	188.903	219.048	227.717
Agropecuária	10,6%	7,1%	9,3%	9,8%	10,5%	9,9%	8,7%	9,2%
Indústria	31,5%	30,3%	28,1%	26,6%	26,5%	29,2%	29,2%	26,9%
Serviços	57,9%	62,6%	62,6%	63,5%	62,9%	60,9%	62,1%	64,0%

FONTE: FEE, Centro de Informações Estatísticas, Núcleo de Contas Regionais.

Apesar da divisão apresentada por Alonso et. al. (1994) em três regiões, as diferenças regionais vão além, ou seja, uma maior desagregação em regiões poderia ser mais útil para estudar as desigualdades regionais e para formulação de políticas públicas. Neste sentido, um estudo realizado, em 2006, pelo governo do RS consolidou o Estado em nove regiões funcionais de planejamento.

3 Revisão bibliográfica

O fenômeno da dependência espacial é muito presente na agropecuária de acordo com Almeida (2005), uma vez que os produtores rurais têm facilidade para observar o que os vizinhos estão produzindo. Além disso, as culturas dependem de recursos naturais que são concentrados em espaços geográficos, reforçando esse efeito, já que a produção ocorre na forma de agrupamentos (*cluster*), distribuída pelo espaço econômico.

Almeida (2005) montou uma função de produção que vincula a quantidade ou o valor dos bens produzidos ao conjunto de insumos utilizados no seu processo produtivo. O autor construiu a função de produção para o estado de Minas Gerais, no período de 1995 e 1996². As variáveis contaram com a inclusão de insumos tradicionais (terra, temperatura, precipitação anual, consumo de energia elétrica) e de insumos modernos, tais como estoque de infraestrutura de transportes (densidades de rodovias pavimentadas, não pavimentadas e ferrovias). A variável valor da produção agropecuária foi utilizada como dependente.

A construção da função de produção espacial agropecuária para o Estado de Minas Gerais envolveu a utilização de elementos tais como, a desagregação regional, a incorporação de variáveis intensivas, a especificação de infraestrutura de transportes, inclusão de efeitos de transbordamentos e a estimação dos parâmetros, controlando para efeitos espaciais.

O fator capital apresenta maior contribuição para a função de produção do que o fator trabalho, evidenciando o avanço da mecanização na agropecuária mineira. A variável precipitação mostrou-se significativa no modelo, enquanto, temperatura e energia elétrica mostraram não exercer influência sobre a agropecuária. Das variáveis relacionadas à infraestrutura, rodovias pavimentadas influenciam a produção, enquanto rodovias não pavimentadas e ferrovias mostraram-se não significativas (ALMEIDA, 2005)³.

Pinheiro e Parré (2008) estudaram as variáveis que compõem uma função de produção para os municípios do estado do Paraná em 2006. Os autores utilizaram valor bruto da produção, capital, trabalho, área cultivada e a utilização de eletricidade como uma *proxy* para o grau de modernização da agropecuária. Dentre os 399 municípios, 10 municípios encontram-se como *outliers* baixos, ou seja, são municípios que não seguem o mesmo processo de dependência espacial dos demais, e desta forma exercem influência espúria sobre a medida global de autocorrelação. Os autores observaram a presença de três grandes *clusters* do tipo alto-alto⁴: o primeiro formado por alguns municípios das microrregiões de Capanema, Cascavel, Francisco Beltrão, Pato Branco e Toledo; o segundo, formado pelos municípios das microrregiões de Apucarana,

² Os dados utilizados foram nos anos de 1995 e 1996.

³ O autor aponta que o sistema ferroviário de Minas Gerais é todo voltado para o transporte de minérios e por isso não impacta de forma significativa na função de produção agropecuária.

⁴ Uma forma de verificar a existência de *clusters* espaciais é utilizar o método LISA (*Local Indicators of Spatial Association*). De acordo com este método podem existir quatro tipos de *clusters* espaciais locais: alto-alto, baixo-baixo, alto-baixo e baixo-alto. Nos primeiros dois tipos, para uma determinada variável de interesse, há uma correlação espacial positiva entre cada unidade espacial e as unidades que estão na sua vizinhança enquanto que nos dois últimos há uma correlação espacial negativa.

Astorga, Londrina e Maringá; e o terceiro, pelos municípios da microrregião de Rio Negro. A maioria dos municípios, nesses grupos, está localizada em terras férteis, com condições edafoclimáticas excepcionais e uma moderna base produtiva agropecuária. Mas, foi também identificado um *cluster* baixo-baixo localizado na região central, situa-se na região mais pobre do estado, com baixa produtividade da agricultura e pouca utilização de recursos tecnológicos. Os autores concluíram que existe autocorrelação espacial entre os municípios paranaenses para a agropecuária.

Além dos Estados do Paraná e Minas Gerais, Rocha e Parré (2009), analisaram a distribuição espacial da agropecuária no Rio Grande do Sul para o ano de 2004, com o objetivo de verificar a existência de *clusters*, bem como o nível de correlação entre as variáveis analisadas na função de produção. A variável dependente foi o valor bruto da produção e as variáveis independentes foram: trabalho, capital, área agrícola colhida, precipitação, temperatura e uso de energia elétrica. As análises foram realizadas a nível municipal.

Os autores observaram a presença de dois *clusters* do tipo baixo-baixo, um localizado no Sul do Estado e outro no Nordeste. Na região Sul, predominam grandes propriedades com baixa produtividade e na Região Nordeste, especialmente os municípios de São Francisco de Paula, Esmeralda, Muitos Capões, Vacaria e Bom Jesus. Há ainda três *clusters* do tipo alto-alto, sendo o maior localizado na Região Nordeste (Serra Gaúcha) e os demais no Norte. O *cluster* na Serra Gaúcha é formado pelos municípios de Cotiporã, Veranópolis, Bento Gonçalves, Farroupilha, Carlos Barbosa, dentre outros, pequenos municípios com um relativo desenvolvimento rural, diversificados e com indústrias.

Silva *et al.* (2012) analisaram a dinâmica espacial recente da produção agropecuária em Minas Gerais, mais especificamente, do Produto Interno Bruto Agropecuário em 1996 e 2006. Os autores realizaram, primeiramente, uma caracterização geral da produção agropecuária de Minas Gerais, incluindo a distribuição do PIB agropecuário de Minas Gerais em nível municipal. Posteriormente, abordou-se a relação entre a participação relativa dos municípios e seu nível de especialização na produção agropecuária, e buscou-se identificar padrões de associação espacial e a formação de *clusters* com municípios de maior participação no PIB agropecuário de Minas Gerais no período.

Os autores confirmaram a hipótese de que a tendência à concentração da produção agropecuária seja resultado da dependência espacial, indicando a existência de externalidades espaciais positivas intermunicipais. Em outras palavras, a análise mostrou que há formação de *clusters* significativos associados ao maior dinamismo do setor agropecuário nas regiões mais produtivas, sinalizando que os fatores espaciais (dependência espacial ou estratégias produtivas interdependentes) afetaram positiva e significativamente a dinâmica do setor agropecuário.

A seguir são apresentados os principais passos e a metodologia para a análise da distribuição espacial e efeitos de transbordamentos do setor agropecuário no RS.

4 Metodologia

A descrição metodológica está dividida em três partes. A primeira detalha a autocorrelação espacial global e local; a segunda parte apresenta os principais modelos de dependência espacial. E a terceira parte apresenta as variáveis utilizadas.

4.1 Análise explanatória dos dados espaciais (AEDE)

4.1.1 Autocorrelação espacial global (I de Moran)

O estudo da AEDE inicia-se verificando a aleatoriedade dos dados espaciais, significando que os valores do atributo numa região não dependem desse atributo nas regiões vizinhas.

Segundo Rocha e Parré (2009), a autocorrelação espacial pode ser calculada pela estatística I de Moran, através da qual se obtém a indicação formal do grau de associação linear entre os vetores de valores observados no tempo t (z_t) e a média ponderada dos valores da vizinhança, ou dos lags espaciais (Wz_t). Os valores de I maiores (ou menores) do que o valor esperado $E(I) = -1/(n-1)$ demonstram a existência de autocorrelação positiva (ou negativa).

De forma geral, o índice de Moran presta-se a um teste cuja hipótese nula é de independência espacial e neste caso o valor seria zero. Uma vez calculado, é importante estabelecer sua validade estatística.

Para Almeida (2005), a autocorrelação espacial positiva revela a existência de uma similaridade entre os valores do atributo estudado e a localização espacial deste. A autocorrelação espacial negativa revela, por sua vez, que existe uma dissimilaridade entre os valores do atributo considerado a sua localização espacial.

A estatística I de Moran algebricamente é dada por:

$$I_i = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2} \quad (1)$$

A normalidade das linhas da matriz de pesos espaciais, ou seja, quando os elementos de cada linha somam 1, altera a expressão (1) para a seguinte forma:

$$I_i = \frac{Z'WZ}{Z'Z} \quad (2)$$

4.1.2 Autocorrelação espacial local (I de Moran)

O problema com o coeficiente de autocorrelação espacial global é que ele pode ocultar padrões locais de autocorrelação espacial. A estatística espacial local foi desenvolvida com o objetivo de qualificar o grau de associação espacial que cada localização do conjunto amostral está submetida em função de um modelo de vizinhança preestabelecida, denominada de Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA).

Anselin (1995) apontou a existência de uma proporcionalidade direta entre os valores da autocorrelação global e os valores das autocorrelações locais. Ele demonstra que as LISAs permitem a decomposição dos indicadores globais em contribuições individuais, indicando porções territoriais de não estacionariedade e identificando aglomerados (*clusters*) significativos de valores semelhantes em torno de determinadas localizações. Sugere um novo indicador que tem a capacidade de observar os padrões locais de associação linear que é estatisticamente significativo.

A estatística I de Moran local pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_j - \bar{y})}{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad (3)$$

Onde: $I_i > 0$ indica *Clusters* de valores similares, ou seja, altos e baixos e $I_i < 0$ indica *Clusters* de valores distintos (exemplo, uma com valores altos, cercado por uma vizinhança de valores baixos).

O mapa de *Clusters* LISA combina a informação do diagrama de dispersão de Moran e a informação do mapa de significância das medidas de associação local I_i . Tal mapa ilustra a classificação em quatro categorias de associação espacial, estatisticamente significativas.

4.2 Modelos de dependência espacial

O modelo econométrico espacial a ser especificado pelo pesquisador depende dos aspectos teóricos e empíricos que envolvem o processo espacial subjacente ao fenômeno de estudo (ALMEIDA, 2012). As defasagens espaciais que são incorporadas no modelo de regressão a fim de capturar esses aspectos do processo tornam a forma de variáveis defasadas espacialmente, tais como W_y e W_e . Essas, isoladamente ou em grupo num mesmo modelo, são as defasagens que permitem controlar a dependência espacial.

Segundo Anselin (1988), a dependência espacial pode ser causada por diversos problemas de medida, tais como: delineamento arbitrário de unidades espaciais de observação; problemas de agregação espacial; e presença de externalidades espaciais e efeitos de *spillover*. Adicionalmente, outros elementos de dependência espacial podem estar relacionados a complexos padrões espaciais ou a fenômenos estruturais de estrutura espacial.

Um dos pontos críticos da econometria espacial diz respeito ao problema de expressar formalmente a estrutura da dependência espacial (ANSELIN, 1988), ou seja, como construir um sistema espacial que

incorpore a influência entre as unidades de análise. A Matriz de Pesos Espaciais, denotada por W , concretiza esta informação e pode ser construída a partir da ideia de vizinhança ou de distância entre as unidades.

São denominadas vizinhas as unidades que interagem de alguma forma, seja por proximidade geográfica, externalidades ou similaridade de mercados. A Matriz W seleciona os vizinhos e indica quão importante é cada um.

Na autocorrelação espacial, o valor da variável de interesse numa certa localidade depende do valor dessa variável nas localidades vizinhas, podendo se manifestar na variável dependente, nas variáveis explicativas ou no termo de erro. A ideia da matriz W é resgatar a média ponderada de atividades de localidades vizinhas, visando capturar a presença de aglomerações em determinada localidade.

$$Y = \rho WY + \beta X + \varepsilon$$

$$\varepsilon = \lambda W_\varepsilon + \mu$$

$$Y = \rho W_y + \beta X + \lambda W_\varepsilon + \mu \quad (4)$$

Onde: Y é a variável dependente, ρ e λ são os coeficientes de autocorrelação espacial, X é a matriz das variáveis independentes dos dados, W_y e W_ε são matrizes de pesos espaciais, β é o vetor dos coeficientes, ε é o vetor de resíduos e μ é o vetor dos resíduos não correlacionados ou erro aleatório.

Um dos modelos mais comumente utilizados para modelagem de correlação espacial é o modelo autorregressivo espacial (spatial autorregressive model), ou simplesmente modelo SAR. A ideia dos modelos SAR é utilizar a mesma ideia dos modelos AR (autorregressivos) em séries temporais, por meio da incorporação de um termo de lag entre os regressores da equação. Na sua forma mais simples, o modelo SAR tem expressão:

$$y = \rho W_y + \beta X + \varepsilon \quad (5)$$

Da mesma forma que os modelos SAR partem da especificação de modelos AR para séries temporais, outra classe de modelos espaciais parte da especificação de modelos MA (médias móveis) para observações no tempo. Estes modelos espaciais são denominados modelos de erros espaciais (spatial error models), ou simplesmente SEM. Neste modelo a estrutura espacial está no erro aleatório. É obtido a partir da equação (4) fazendo-se $W_y = 0$. Os modelos SEM possuem a seguinte especificação:

$$y = \beta X + \lambda W_\varepsilon + \varepsilon \quad (6)$$

Este modelo é apropriado quando o resíduo resultante de um modelo de regressão convencional possui dependência espacial, constatada pelo I Moran, ou seja, o erro é função do erro dos vizinhos.

4.3 Descrição das variáveis e fontes de dados

As variáveis utilizadas no artigo foram baseadas em Rocha e Parré (2009), Almeida (2006) e Pinheiro e Parré (2008), que estudaram a dependência espacial do setor agropecuário para os estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná, respectivamente.

A variável dependente utilizada foi o Valor Adicionado Bruto da Agropecuária para o ano de 2011. As variáveis foram utilizadas para todos os 497 municípios do Rio Grande do Sul, oriundas da FEE para o VAB e Idese e as demais com base em dados do Censo Agropecuário de 2006. Foram utilizadas as variáveis por hectare, ou seja, dividindo-se o total de cada município pela área agrícola. Apenas o Idese Educação foi utilizado na sua forma original. Para a manipulação dos dados, construção de mapas e gráficos foi utilizado o software Geoda.

Quadro 1

Relação de variáveis, fontes e forma de uso das variáveis nos modelos.

VARIÁVEL	FONTE	FORMA DE USO
Valor Adicionado Bruto Agropecuária de 2011 (variável dependente)	FEE (2011)	R\$
Número de tratores por estabelecimento (variável independente)	Censo Agropecuário (2006).	Tratores por hectare.
Número de ocupações por estabelecimentos (variável independente)	Censo Agropecuário(2006).	Ocupação por hectare.
Número de estabelecimentos rurais (variável independente)	Censo Agropecuário, (2006).	Unidades
Idese (Educação de 2011) (variável independente).	FEE (2011)	Índice Educação ⁵ .

NOTA: Elaboração dos autores.

5 Resultados e discussões

5.1 Acurrelação global (I de Moran)

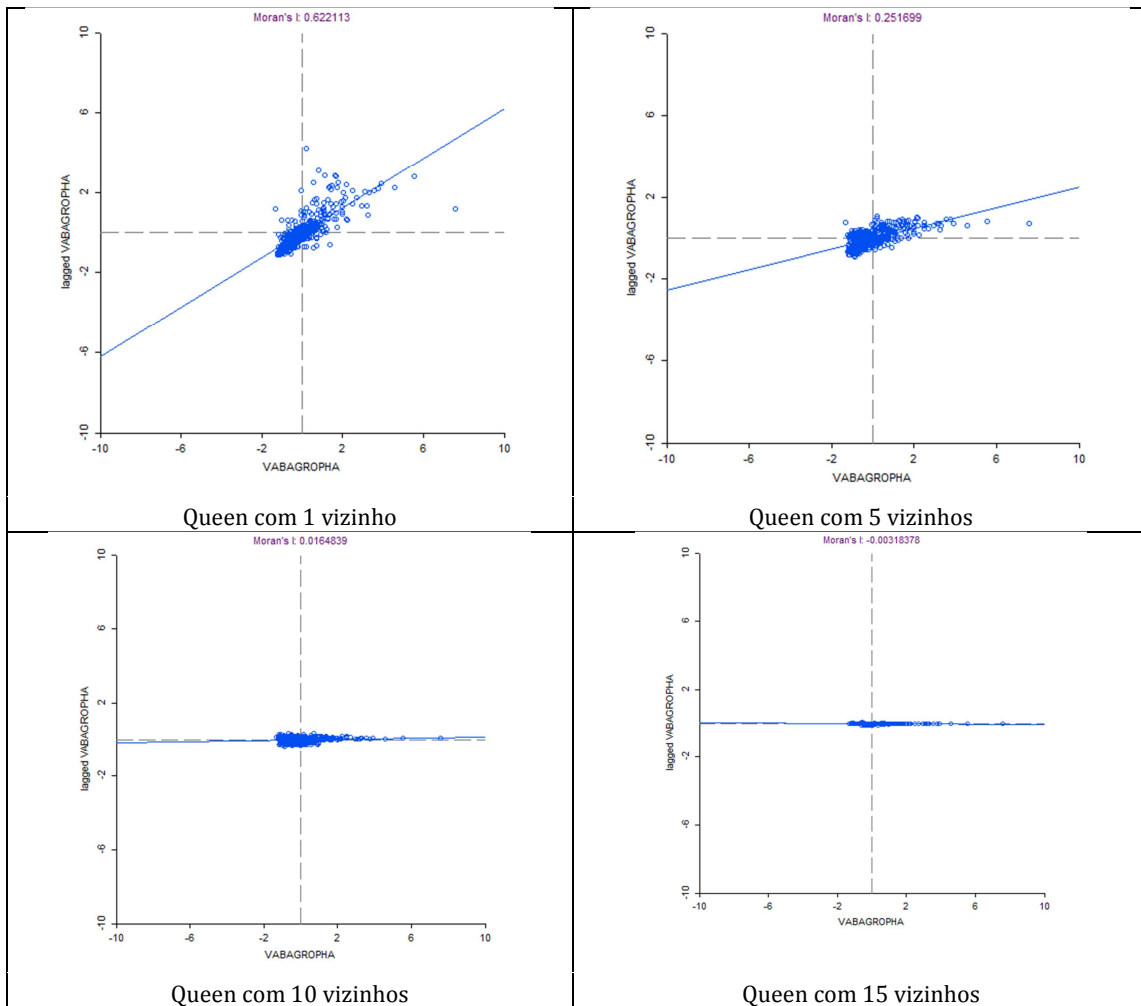
O I de Moran global indica a relação entre o VBP do município observado e sua relação com o vizinho defasado. Os quadrantes podem ser interpretados como: Q1 (valores positivos, médias positivas) e Q2 (valores negativos, médias negativas) que indicam pontos de associação espacial positiva, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores semelhantes. Q3 (valores positivos, médias negativas) e Q4 (valores negativos, médias positivas) que indicam pontos de associação espacial negativa, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores distintos, indicando pontos de transição entre diferentes padrões espaciais ou pontos de não estacionalidade do atributo.

Na Figura 1, observa-se a dependência espacial através do I Moran para os diferentes níveis de vizinhança. A medida que aumenta o número de vizinhos a relação entre a variável e ela própria defasada vai diminuindo a dependência espacial. Com um vizinho, o I de Moran é de 0,6221, indicando uma forte dependência, ou seja, com o aumento de R\$ 1,0 no VAB da agropecuária o vizinho mais próximo tem uma elevação de R\$ 0,622. Enquanto que um aumento de R\$ 1,0 no VAB da agropecuária tem um aumento de apenas R\$ 0,016 no décimo vizinho.

⁵ O Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (Idese) é elaborado pela Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul e possui três dimensões com base em 12 variáveis: Educação, Renda e Saúde. Os valores são de 0 a 1,0 para cada dimensão. No artigo, utilizou-se apenas a dimensão educação.

Figura 1

Diagramas de dispersão de Moran para o Valor Bruto da Produção agropecuária no Rio Grande do Sul



NOTA: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

Na Tabela 2, são apresentados os I Moran bivariado, que comparam a variável em estudo (valor adicionado bruto da agropecuária) com as demais variáveis, ou seja, verifica-se se existe autocorrelação espacial (significativa) entre elas. Foi aplicada a matriz de contiguidade binária “rainha” para todos os modelos.

Os resultados indicam que a receita por hectare, área agrícola, ocupação por hectare e educação possuem uma autocorrelação positiva – isso significa que municípios que agregam elevado valor adicionado bruto do setor agropecuário também empregam grande quantidade de trabalhadores, usam mais área, apresentam melhor nível de educação e possuem mais receita por hectare.

Tabela 2

Coefficiente de I de Moran Bivariado no Valor Bruto da Produção agropecuária no Rio Grande do Sul em relação às demais variáveis

Variáveis	I de Moran (Q1)	I de Moran (Q5)
Número de estabelecimentos	0,06221 (0,0000)	0,25169 (0,0000)
Ocupação por hectare	0,49628 (0,0000)	0,20990 (0,0000)
Tratores por hectare	-0,14211 (0,0000)	-0,06013 (0,0000)
Índice de educação	0,28574 (0,0000)	0,09751 (0,0000)

NOTA: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

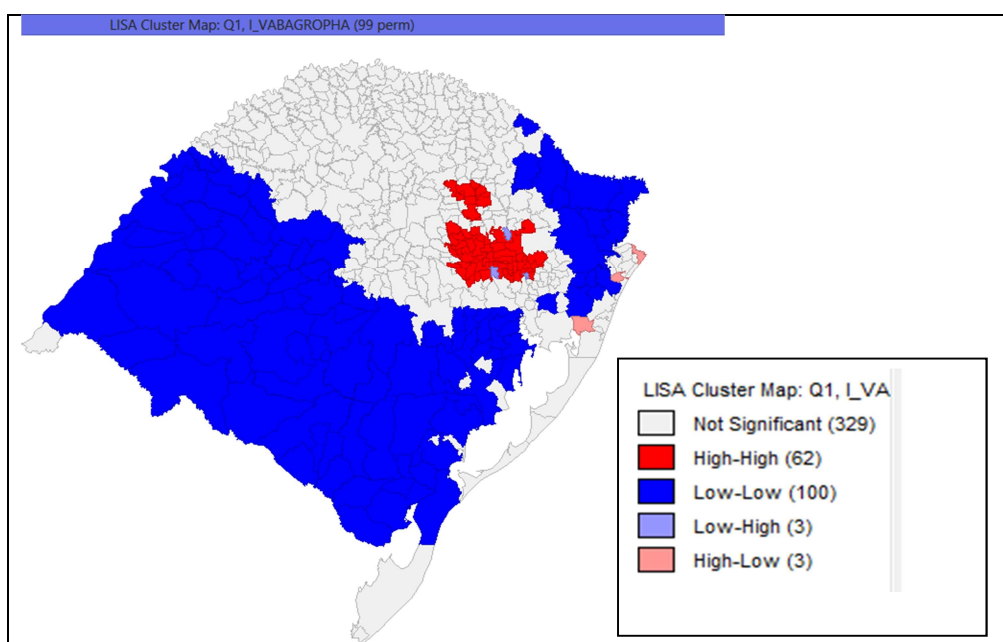
5.2 AUCORRELAÇÃO LOCAL (LISA)

O diagrama de espalhamento de Moran também pode ser apresentado na forma de um mapa temático bidimensional, no qual cada polígono é apresentado indicando-se seu quadrante no diagrama de espalhamento⁶.

No Mapa 1, a partir da matriz de contiguidade rainha para um vizinho, observa-se um *cluster* Alto-Alto para o valor adicionado bruto da agropecuária formado por 62 municípios e dois *clusters* baixo-baixo na Região Sul e Nordeste do estado formado por 100 municípios. Esses *clusters* corroboram com Alonso et. al. (1994), que apresentaram o Sul do Estado como a região com menor desenvolvimento.

Mapa 1

Significância do Valor Bruto da Produção agropecuária no Rio Grande do Sul



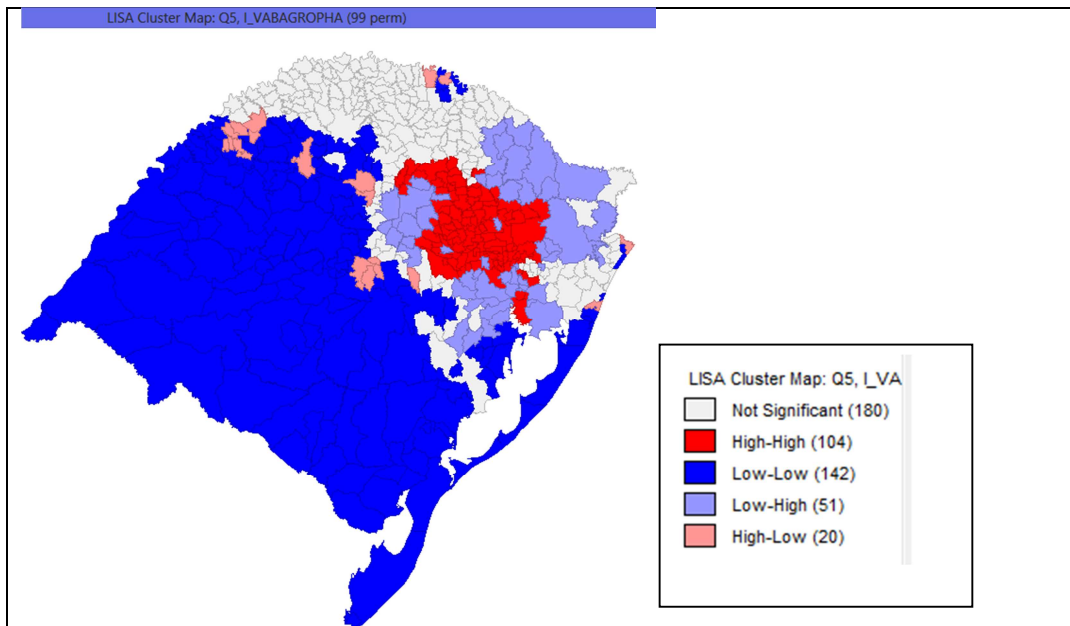
NOTA: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

No Mapa 2, observa-se uma ampliação dos *clusters* com a expansão para cinco vizinhos. No *cluster* alto-alto entram mais 42 municípios e para o *cluster* Baixo-Baixo tem um acréscimo de 42 municípios.

⁶ No mapa "Alto-Alto", "Baixo-Baixo", "Alto-Baixo" e "Baixo-Alto" indicam, respectivamente, os quadrantes Q1, Q2, Q3 e Q4 no I de Moran Global.

Mapa 2

Cluster para o Valor Bruto da Produção agropecuária no Rio Grande do Sul, para o ano de 2011



NOTA: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

Os *clusters* formados pela associação entre valor adicionado bruto da agropecuária (variável endógena da função de produção) e as variáveis exógenas do modelo (estabelecimentos rurais, ocupação, uso de tratores e educação) são apresentados na Figura 2.0 I Moran bivariado compara a variável em estudo com as demais para verificar a existência de autocorrelação espacial entre elas.

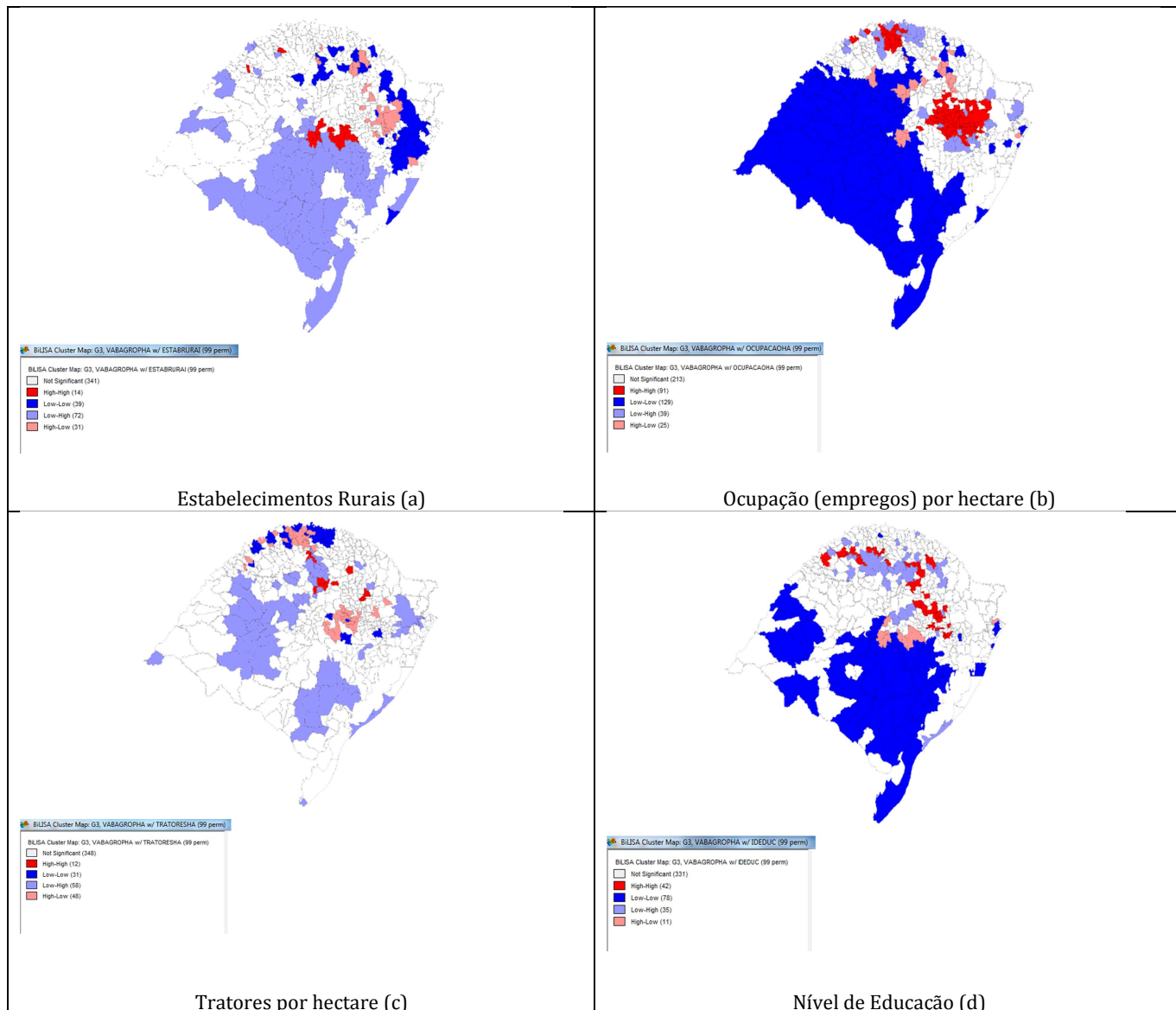
No primeiro quadrante podemos observar a formação de um *cluster* Alto-Alto com 14 municípios, ou seja, municípios com muitos estabelecimentos rurais são cercados por municípios com muitos estabelecimentos rurais⁷, enquanto que o outro *cluster* Baixo-Baixo é formado por 39 municípios. Em relação a associação entre valor adicionado bruto da produção e ocupação por hectare, observa-se a formação de dois *clusters* alto-alto.

Ao analisar a associação entre o valor adicionado bruto da produção agropecuária e a educação se observa a presença de 78 municípios no quadrante baixo-baixo. Destes a maioria concentrados na Região Sul do Estado.

⁷ Região do Vale do Taquari com concentração de agricultores familiares.

Figura 2

Cluster bivariado entre o Valor Bruto da Produção agropecuária no Rio Grande do Sul e as demais variáveis explicativas



NOTA: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

5.3 Especificação e testes de dependência espacial

Procurou-se apresentar os resultados da matriz de peso espacial, matriz de contiguidade binária “rainha”, com um, três e 5 vizinhos (Q1, Q3 e Q5). Para cada matriz foram estimados os modelos OLS, SAR e SEM. A partir da estimação do modelo OLS e do teste de Multiplicador de *Lagrange* (LM)⁸ é escolhido o melhor modelo, ou seja, *spatial error models*(SAR) ou *spatial autorregressive model*(SEM).

A variável dependente foi o valor adicionado bruto por hectare e as variáveis independentes foram: ocupação por hectare, disponibilidade de tratores por hectare, receita das atividades agropecuárias por hectare, área do setor agropecuário no Estado e o índice de educação.

Para os resultados apresentados na Tabela 3, foi utilizada matriz de contiguidade rainha com 1 vizinho (Q1). São apresentados os resultados para o modelo estimado via OLS, e também para os modelos SAR e SEM. Verificada a significância estatística do I de Moran, rejeita-se a inexistência de autocorrelação espacial.

⁸ As especificações metodológicas, assim como uma abordagem mais abrangente aos leitores mais interessados, referente aos testes específicos de autocorrelação espacial podem ser encontrados em Anselin (1988) e Lesage e Pace (2009).

Assim, o teste LM robusto indica que o modelo a ser utilizado para introduzir a dependência espacial na regressão, é o SAR.

Na Tabela 3, são apresentados todos os modelos e os parâmetros das regressões. Ao avaliar o modelo indicado, o SAR, pode-se observar que o valor da dependência espacial dada pelo ρ é de 0,54 e que o mesmo se mostrou significativo. Portanto, o coeficiente do parâmetro autoregressivo espacial (ρ) é altamente significativo e positivo (0,54), indicando que 54% da predição do modelo está relacionada com os efeitos espaciais, o que revela a presença de dependência espacial positiva no conjunto de dados analisados.

Os resultados também refletem que um choque ocorrido em um pequeno município transborda não só para seus vizinhos imediatos, mas também para todos os outros pequenos municípios. O coeficiente positivo de lambda indica, ainda, ganhos de aglomeração em fatores não observados.

Tabela 3

Resultados das estimações usando a matriz de distância (Q1) – OLS, SAR e SEM

VARIÁVEIS	OLS	SAR	SEM
Constante	-1.773,75	-1.440,59	-583,49
Valor p	0,0000	0,0000	0,0876
Ocupação por hectare	11.354,24	6.886,26	8.789,78
Valor p	0,0000	0,0000	0,0000
Tratores por hectare	552,26	522,94	578,50
Valor p	0,0015	0,0002	0,0012
Número de estabelecimentos rurais	-0,2180	-0,08726	-0,07627
Valor p	0,0003	0,08260	0,1589
Índice Educação	3.495,50	2058,51	0,63981
Valor p	0,0000	0,0000	0,0000
Rho ρ (SAR)		0,5435	
Valor p		0,0000	
Lambda λ (SEM)			0,6398
Valor p			0,0000
Observações	497		
Moran's I	0,3354		
Valor p	0,0000		
R-Quadrado	0,4977	0,6557	0,6480
R-ajustado	0,4936		
LM leg- SAR	193,0127		
Valor p	0,0000		
LMR leg	49,9833		
Valor p	0,0000		
LM err – SEM	146,1421		
Valor p	0,0000		
LMR err	3,1128		
Valor p	0,0776		

NOTA: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

O resultado para o modelo SAR, demonstram que as variações do VAB entre os municípios são explicadas em aproximadamente 65% pelo modelo proposto, sendo que exercem influência positiva e significativa as variáveis independentes Ocupação por hectare, Tratores por hectare e Índice Educação, enquanto a variável Número de estabelecimentos rurais possui relação negativa, contudo a mesma não é estatisticamente significativa (Tabela 3).

Na Tabela 4, foi utilizada matriz de contiguidade rainha com 3 vizinhos (Q3). A estatística I de Moran indica a rejeição da hipótese de inexistência de autocorrelação espacial, dado que esta é estatisticamente significativa. Novamente, pelo teste LM robusto, pode-se observar que o melhor modelo é o SAR.

Tabela 4

Resultados das estimações usando a matriz de distância (Q3) – OLS, SAR e SEM

VARIÁVEIS	OLS	SAR	SEM
Constante	-1.773,75	-2247,86	-1.112,96
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0234
Ocupação por hectare	11.354,24	8.418,168	8.511,46
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000
Tratores por hectare	552,26	671,88	461,42
Valor <i>p</i>	0,0015	0,0000	0,0028
Número de estabelecimentos rurais	-0,2180	-0,1126	-0,1380
Valor <i>p</i>	0,0003	0,0392	0,0109
Índice Educação	3.495,50	2.484,75	3.027,43
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000
Rho ρ (SAR)		0,6500	
Valor <i>p</i>		0,0000	
Lambda λ (SEM)			0,8901
Valor <i>p</i>			0,0000
Observações	497		
Moran's I	0,1584		
Valor <i>p</i>	0,0000		
R-Quadrado	0,4977	0,6032	0,6024
R-ajustado	0,4936		
LM leg- SAR	140,1016		
Valor <i>p</i>	0,0000		
LMR leg	44,5099		
Valor <i>p</i>	0,0000		
LM err – SEM	120,9364		
Valor <i>p</i>	0,0000		
LMR err	25,3442		
Valor <i>p</i>	0,0000		

NOTA: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

Para o modelo SAR com Q3, conforme Tabela 4, o coeficiente do parâmetro autorregressivo ρ é altamente significativo e positivo (0,65), indicando a ocorrência de autocorrelação espacial positiva para a estimação. Logo, 65% da predição do modelo está relacionada com os efeitos espaciais, o que revela a presença de dependência espacial no conjunto de dados analisados. Como pode-se observar o parâmetro ρ do modelo autorregressivo espacial com a matriz Q3 é superior ao do modelo com matriz Q1, isso indica que a relação do VAB relativo à vizinhança espacial na região eleva-se ao se considerar três vizinhos.

Quanto as relações dos coeficientes estimados com a variável dependente (VAB) houve mudança na significância estatística dos mesmos, em que o Número de estabelecimentos rurais torna-se significativo estatisticamente a um nível de significância de 5%, e também nas magnitudes da influência dos mesmos. No modelo com a matriz Q3, por exemplo, a variação em uma unidade adicional de trator por hectare leva a um aumento de R\$1. 919,657 no VAB, sendo este o impacto total, levando em conta os efeitos diretos e indiretos proporcionados pela realimentação da interação espacial entre as regiões, *ceteris paribus*. A mesma interpretação mecânica segue para as demais variáveis.

Na Tabela 5, foi utilizada matriz de contiguidade rainha com 5 vizinhos (Q5). Pode-se observar que o I de Moran é estatisticamente significativo, assim rejeita-se a não existência de autocorrelação espacial. Pelo teste LM, os dois modelos (SAR e SEM) são significativos, assim pelo teste LM robusto, o modelo SEM é o mais indicado.

Tabela 5

Resultados das estimações usando a matriz de distância (Q5) – OLS, SAR e SEM

VARIÁVEIS	OLS	SAR	SEM
Constante	-1.773,75	-2247,18	-1.902,43
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000
Ocupação por hectare	11.354,24	11.016,85	10.999,34
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000
Tratores por hectare	552,26	576,185	529,0123
Valor <i>p</i>	0,0015	0,0008	0,0016
Número de estabelecimentos rurais	-0,2180	-0,1915	-0,2017
Valor <i>p</i>	0,0003	0,0014	0,0007
Índice Educação	3.495,50	3.473,039	3.715,48
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000
Rho ρ (SAR)		0,2758	
Valor <i>p</i>		0,0125	
Lambda λ (SEM)			0,4082
Valor <i>p</i>			0,0169
Observações	497		
Moran's I	0,0411		
Valor <i>p</i>	0,0000		
R-Quadrado	0,4977	0,5078	0,5080
R-ajustado	0,4936		
LM leg – SAR	14,6993		
Valor <i>p</i>	0,0001		
LMR leg	3,3772		
Valor <i>p</i>	0,0661		
LM err – SEM	14,8873		
Valor <i>p</i>	0,0001		
LMR err	3,5652		
Valor <i>p</i>	0,0590		

FONTE: Elaboração dos autores com base nos resultados da pesquisa.

As variáveis Ocupação por hectare, Tratores por hectare e Índice Educação, mostraram se estatisticamente significativas, e com relação positiva com o VAB, enquanto o Número de estabelecimentos rurais, possui relação negativa e estatisticamente significativa, indicando que um número maior dessa variável leva a uma redução no VAB, mantido as demais variáveis constantes. No modelo SEM, pode-se observar que o valor da dependência espacial dada pelo lambda é de 0,4082 e que o mesmo se mostrou significativo a um nível de significância de 5%.

Portanto, o coeficiente do erro autoregressivo espacial (λ) é altamente significativo e positivo (0,41), indicando que os choques apresentam uma autocorrelação espacial positiva, quer dizer, altos valores desses efeitos não modelados provocam choques de altos valores nos vizinhos, bem como choques de baixos valores geram baixos valores de choques nos vizinhos. Como o parâmetro λ do modelo de erro autorregressivo espacial é significativo, isso indica que este modelo é o mais apropriado.

Os resultados também refletem que um choque ocorrido em um pequeno município transborda não só para seus vizinhos imediatos, mas também para todos os outros pequenos municípios. O coeficiente positivo de lambda indica, ainda, ganhos de aglomeração em fatores não observados. Porém, pode-se observar que a magnitude do λ vai suavizando com o aumento do número de vizinhos (Q5), indicando que o transbordamento entre os municípios vizinhos vai se reduzindo a medida que o grau de vizinhança aumenta.

Na Tabela 6 apresentam-se, em resumo, os resultados dos indicadores de dependência espacial, para as matrizes de contiguidade com 1, 3 e 5 vizinhos. O I de Moran indica que o município pode influenciar até o quinto vizinho, ou seja, existe autocorrelação espacial. O I de Moran de 0,3354 indica que o crescimento de R\$ 1,0 no VAB agropecuário no município em questão impacta em R\$ 0,33 no primeiro município vizinho. Esse mesmo raciocínio pode ser utilizado para os demais.

Tabela 6

Síntese dos indicadores nos testes de dependência espacial

MATRIZ W	MORAN'S I	LAMBDA (λ)	RHO (ρ)
Queen 1	0,3354	0,6398	0,5435
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000
Queen 3	0,1584	0,8901	0,6500
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0000
Queen 5	0,0411	0,4082	0,2758
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0168	0,0125

NOTA: Elaboração dos autores.

Em síntese, de acordo com os modelos propostos para estudar o setor agropecuário do Rio Grande do Sul, o que mostrou-se mais indicado para analisar a dependência espacial, de acordo com os testes de LM e LM robusto é o *spatial autorregressive model*.

6 Considerações finais

Este estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico sobre a agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul, utilizando as ferramentas da econometria espacial. A partir da variável de interesse, valor bruto da produção agropecuária, constatou-se que existe autocorrelação espacial.

Pode-se concluir que existem dois *clusters* bem definidos em relação à agropecuária. O primeiro envolve as regiões do Vale do Taquari e Serra, com predomínio de pequenas e médias propriedades rurais e produção diversificada. Neste *cluster* a região agrega valor à matéria prima. O segundo *cluster* é formado pela Região Sul do Estado com predomínio de propriedades rurais de médias a grandes. No Sul também ocorre o predomínio da pecuária de corte e a lavoura de arroz.

Através do I Moran observa-se que existe autocorrelação espacial entre os municípios vizinhos. Os municípios que apresentam elevado valor adicionado bruto da agropecuária possuem um efeito de transbordamento, ou seja, impactam na economia dos vizinhos. Esse fenômeno é bem conhecido na agropecuária porque produtores rurais que possuem bons lucros em determinadas atividades, o demonstram através de tecnologias (máquinas) e infraestrutura. Essas ações despertam interesse dos seus vizinhos para a adoção dessas tecnologias e/ou substituição de tipos de exploração. Um exemplo dessa mudança é a migração da cultura da soja e videiras para os municípios da Região Sul.

A maioria das variáveis utilizadas mostrou-se significativa nos modelos propostos, confirmando que, mão de obra, tecnologias e educação, impactam positivamente no valor adicionado bruto dos municípios do Rio Grande do Sul.

Referências

ALMEIDA, Eduardo Simões. **Função de Produção Agropecuária Espacial**. In: XLIII CONGRESSO DA SOBER, 2005. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/649.pdf>> Acesso em: 10 mai. 2014.

ALMEIDA, Eduardo. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, São Paulo: editora Alínea, 2012.

ALONSO, J. A. F.; BENETTI, M. D.; BANDEIRA, P. S. **Crescimento Econômico da Região Sul do Rio Grande do Sul**: causas e perspectivas. Porto Alegre: FEE, 1994.

ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographical Analysis**, 27, n.2, 93/115, 1995.

ANSELIN, Luc. **Spatial econometrics**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 1988.

FEE - Fundação de Economia e Estatística. **FEE Dados Abertos 2011**. Disponível em: <<http://dados.fee.tche.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

FEIX, Rodrigo Daniel; LEUSIN JÚNIOR, Sérgio. **Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul — 2015**. Porto Alegre: FEE, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

LESAGE, J.; PACE, R. K. **Introduction to spatial econometrics**. Boca Raton: CRC Press, 2009.

PINHEIRO, M. A.; PARRE, J. L. **Distribuição espacial da agropecuária paranaense no ano 2006**. In: VI Encontro Nacional de Economia de Estudos Regionais e Urbanos, 2008, Aracaju. VI Enaber, 2008.

ROCHA, Cláudia Bueno; PARRÉ, José Luiz. Estudo da Distribuição Espacial do setor Agropecuário do Rio Grande do Sul. **Análise Econômica**, ano 27, n. 52, p. 139-160, set. 2009.

Secretaria do Planejamento do RS. **Rumos 2015**. Estudo sobre o desenvolvimento regional e logística de transporte no RS. Porto Alegre: SCP, 2006. Disponível em: <[http://www.scp.rs.gov.br/upload/01_rumos_pag_001_080\(4\).pdf](http://www.scp.rs.gov.br/upload/01_rumos_pag_001_080(4).pdf)> Acesso em: 29 jun 2014.

SILVA, G. J. C.; SOUZA, E. C.; MARTINS, H. E. P. Produção agropecuária em municípios de Minas Gerais (1996-2006): padrões de distribuição, especialização e associação espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 2, p. 333-349, 2012.

WAQUIL, P. D. *et al.* Vantagens comparativas reveladas e orientação regional das exportações agrícolas brasileiras para a União Europeia. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, MG, v. 2, n. 2, p. 137-160, 2004.